

## OPTIMALISASI SISTEM *FEEDBACK CONTROL FLOW* PADA *WATER TREATMENT PACKAGE* DI PT. XYZ

Fauzi Neaja Wiranto<sup>1\*</sup>, Suka Handaja<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Instrumentasi Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jl. Gajah Mada No.38, Blora, 58315

\*E-mail: [fauzineaja99@gmail.com](mailto:fauzineaja99@gmail.com)

### ABSTRAK

Stasiun kompresor PT XYZ adalah stasiun yang berfungsi untuk menaikkan tekanan gas suplai yang dicampur dengan gas yang berasal dari Conoco-Phillips dan dikirim ke Jawa melalui pipa transmisi *South Sumatera-West Java* (SSWJ). Beberapa penunjang operasi pada *utility system*, diantaranya *air instrument system*, *water system*, dan *power system*. *Water system* mengolah air tanah menjadi air yang layak pakai dan minum. Dalam pengolahannya, *water system* dibagi menjadi dua bagian, yaitu *water treatment package* dan *potable water package*. *Water treatment package* pengolahan awal yang menggunakan *multimedia filter* dan *activated carbon filter*. Sedangkan *potable water package* adalah bagian pengolahan air lanjutan. Dalam operasinya, *water treatment package* ini mempunyai kapasitas 34 *gallons per minute* (GPM). Namun kapasitas *flow* yang mampu diolah terbatas, maka dipasanglah sistem kontrol aliran. Sistem kontrol ini mempunyai parameter awal  $K_p$  : 0,3 dan  $T_i$  0,5 menit. Optimalisasi dilakukan mengubah *default opening* dari 20% menjadi 15% yang menurunkan *overshoot* 40 GPM menjadi 36,65 GPM, dan mempercepat waktu *steady state* dari 240 detik menjadi 42 detik. Menggunakan tuning PID metode *Chien* ( $K_p$  : 0,29 dan  $T_i$  : 0,15 menit) dengan bukaan 15% menghasilkan *overshoot* terendah 35,78 GPM dan waktu *steady state* hanya 25 detik. Optimalisasi ini dapat meningkatkan kinerja sistem kontrol aliran.

**Kata kunci:** optimalisasi, sistem kontrol aliran, *water treatment package*, stasiun kompresor

### 1. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri minyak dan gas bumi, teknologi pengendalian sebagai peranan penting karena memudahkan manusia untuk mengendalikan nilai variabel di lapangan secara otomatis. Dengan terpenuhinya nilai variabel proses sesuai dengan yang diinginkan ini maka kualitas produk bisa terjaga dan sesuai dengan desain [1]. Fungsi instrumentasi dapat diklasifikasikan menjadi 4, yaitu sebagai alat ukur, sebagai alat *control*, sebagai alat *safety*, dan sebagai alat analisa [2].

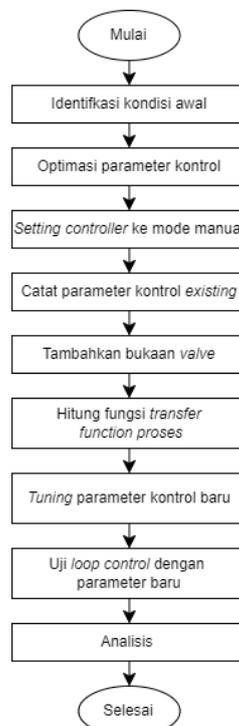
Dalam klasifikasinya, sistem pengendalian dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu diskret kontrol dan *analog* kontrol. Diskret kontrol hanya mempunyai 2 kondisi, *on* atau *off*. Sedangkan *analog* kontrol adalah pengendalian untuk *variable* yang mempunyai nilai dalam *range* tertentu, misalnya *pressure*, *flow*, *level*, dan *temperature*. Sistem ini juga sering dipakai seperti kontrol *proporsional*, *integral*, dan *derivative* (PID). PID merupakan pengontrolan konvensional dalam bentuk matematis yang dapat mengubah *error* menjadi nol [3].

Stasiun kompresor gas milik PT XYZ memiliki fungsi untuk meningkatkan tekanan gas bumi dari 390 PSIG menjadi 920 PSIG agar gas dapat dikirim ke pulau Jawa melalui pipa *South Sumatera-West Java* (SSWJ). Dalam menjalankan fungsinya, stasiun ini mempunyai beberapa utilitas penunjang, yaitu *air instrument utility*, *water system utility*, dan *power system utility*. *Instrument air system* adalah suatu sistem yang menghasilkan udara kering yang akan digunakan untuk kebutuhan peralatan *instrument* dalam suatu *plant* yang terdiri dari kompresor udara, bejana tekan (*air receiver*), dan pengering udara (*air dryer*) [4]. *Water system utility* berfungsi sebagai unit pengolahan air tanah sehingga air tersebut menjadi layak untuk dikonsumsi maupun dipakai untuk keperluan lainnya. Unit pengolahan air ini mempunyai

kapasitas tertentu agar proses pengolahan yang terjadi bersifat optimal. Unit ini mempunyai sistem pengendali laju alir untuk mengendalikan aliran air tersebut. Dalam pengolahannya, *water system* dibagi menjadi dua bagian, yaitu *water treatment package* dan *potable water package* [5]. *Water treatment system* merupakan bagian pengolahan awal. Sedangkan *potable water package* adalah bagian pengolahan air lanjutan [6]. Berdasarkan uraian di atas, peneliti akan merancang optimalisasi sistem *feedback control* pada *water treatment package* di PT. XYZ dengan fokus pada peningkatan kinerja *control flow* untuk mencapai efisiensi pengolahan yang lebih tinggi melalui *tuning PID*.

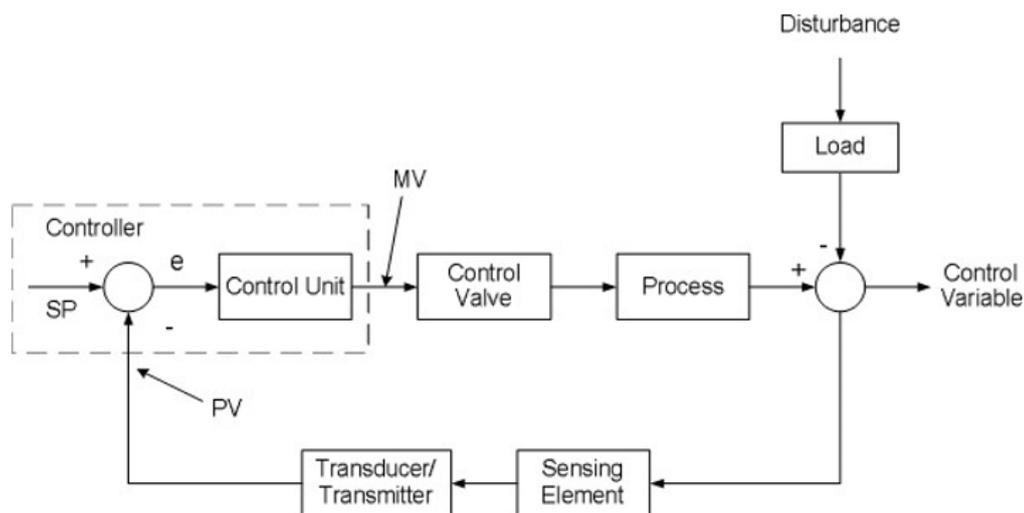
## 2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengoptimalkan sistem *control flow* pada *water treatment package* di PT. XYZ. Untuk mengawali penelitian dilakukan identifikasi kondisi peralatan *control* dan mencatat respon sistem terhadap gangguan dengan merubah nilai *setting* yang menghasilkan respon kondisi *existing*. Proses optimasi dilakukan dengan mencari parameter *control* baru menggunakan metode *chien regulator 1* dengan mengambil data *bump test* dan melakukan perhitungan nilai  $K_p$  dan  $K_i$  yang baru serta menguji hasil *setting* parameter yang baru, dengan flowchart seperti terlihat pada Gambar 1. Untuk melakukan hal tersebut, *controller* diposisikan pada mode manual saat proses stabil dengan nilai *process variable* (PV) sama dengan *setpoint* (SV). Kemudian mencatat nilai parameter *control existing*  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$ . Gangguan proses diberikan dengan membuka *valve* sebesar  $\pm 13\%$  (dari 7% ke 20%). Selanjutnya, nilai *transfer function* proses dihitung dan dimasukkan ke dalam blok sistem pengendalian untuk memperoleh nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  yang baru sebagai hasil *tuning* metode *chien regulator 1*. Rangkaian *loop control* kemudian diuji menggunakan parameter kontrol baru dengan memberi gangguan proses kembali untuk mendapatkan grafik respon dan nilai *settling time* yang baru. Terakhir dilakukan analisis dengan membandingkan respon pengendalian antara parameter kontrol *existing* dengan parameter kontrol yang baru.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Sistem pengendalian umpan balik adalah sistem pengendalian yang paling banyak dipakai seperti pada Gambar 2. Terlihat fungsi kontroler adalah membandingkan nilai *process variable* (PV) dan *manipulative variable* (MV) untuk menghasilkan nilai *error*. Kemudian dari nilai *error*, dikalkulasikan oleh kontroler sehingga akan didapatkan nilai MV yang tepat untuk *final control element*. Klasifikasi *control loop* yang digunakan adalah *single control loop* (*feedback control*) yang menghasilkan aksi *reverse system* [7]. Sifat dari masing-masing bagian sistem adalah *direct*, padahal agar sistem menjadi *negative feedback*, jumlah dari bagian sistem yang bersifat *reverse* adalah ganjil. Maka dari itu, kontroler harus bersifat *reverse*. *Reverse* disini artinya adalah nilai MV yang berkebalikan dengan nilai PV.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem Kontrol Proses

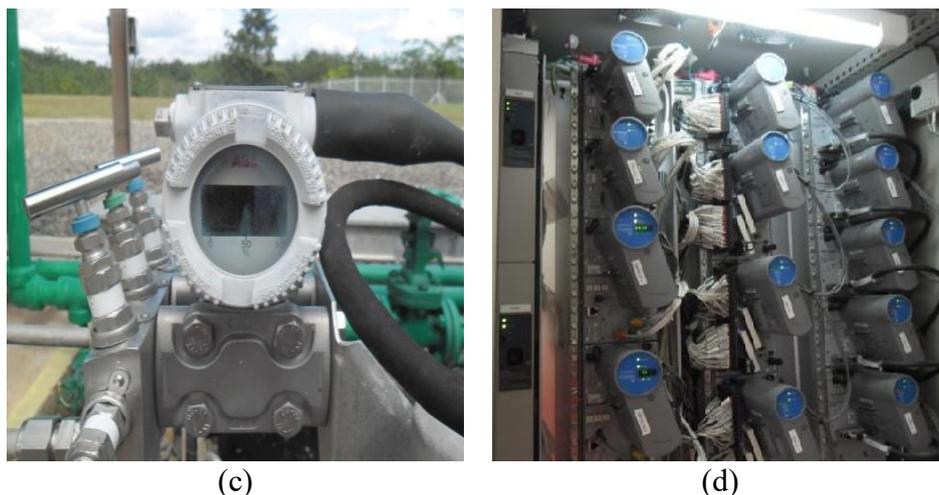
Sensor atau biasa disebut *sensing element* seperti pada Gambar 3 adalah suatu *instrument* yang digunakan untuk mengukur nilai besaran proses yang diukur. *Orifice* sebagai sensornya perbedaan tekanan antara *upstream* dan *downstream*, kemudian disensing oleh DP transmitter yang menggunakan sinyal elektrik dengan arus 4-20 mA. Sedangkan DCS sebagai kontrolernya dan *control valve* sebagai *final control element* dengan tipe *air to open* [8]. Kelas ANSI dari *control valve* ini adalah 150, dan mempunyai karakter linier, artinya persentase perubahan bukaan adalah sebanding dengan persentase perubahan jumlah aliran yang mengalir.



(a)



(b)



**Gambar 3. Alat Instrument (a) Control Valve (b) Orifice (c) DP Transmitter (D) Control Station pada Distributed Control System (DCS)**

Kontrol *feedback* PID adalah sistem kontrol yang pada dasarnya membandingkan nilai yang terukur dengan nilai yang diinginkan, apabila terdapat perbedaan nilai, maka kontroler akan memberikan sinyal MV tertentu yang sesuai dengan algoritma PID. Persamaan matematis kontroler proporsional dapat dituliskan sebagai berikut [9]:

$$mv = Kp \cdot e(t) \tag{1}$$

Dimana *proportional gain* memiliki persamaan sebagai berikut [9]:

$$Kp = \frac{100\%}{PB}, PB(\%) \tag{2}$$

Untuk sebuah modul kontrol PID, kontrol PI dapat diperoleh dengan cara *setting* nilai *gain* (waktu) *derivative* sama dengan nol [10]

$$mv(t) = Kp \left[ e(t) + \frac{1}{Ti} \int_0^t e(t) dt \right] \tag{3}$$

Secara matematis kontrol *proporsional*, *integral*, dan *derivatif* dapat dituliskan sebagai berikut [10]:

$$mv(t) = Kp \left[ e(t) + \frac{1}{Ti} \int_0^t e(t) dt + Td \frac{de(t)}{dt} \right] \tag{4}$$

*Tuning* kontroler adalah penyesuaian nilai parameter kontroler PID agar menghasilkan hasil kontrol yang optimal. Nilai parameter PID ini berbeda-beda untuk proses yang berbeda. Parameter kontrol tersebut meliputi *gain controller*, *time integral*, serta *time derivative*. Persamaan *gain* kontrol sebagai berikut [11]:

$$Gc = Kp \left( 1 + \frac{1}{Ti \cdot s} + Td \cdot s \right) \tag{5}$$

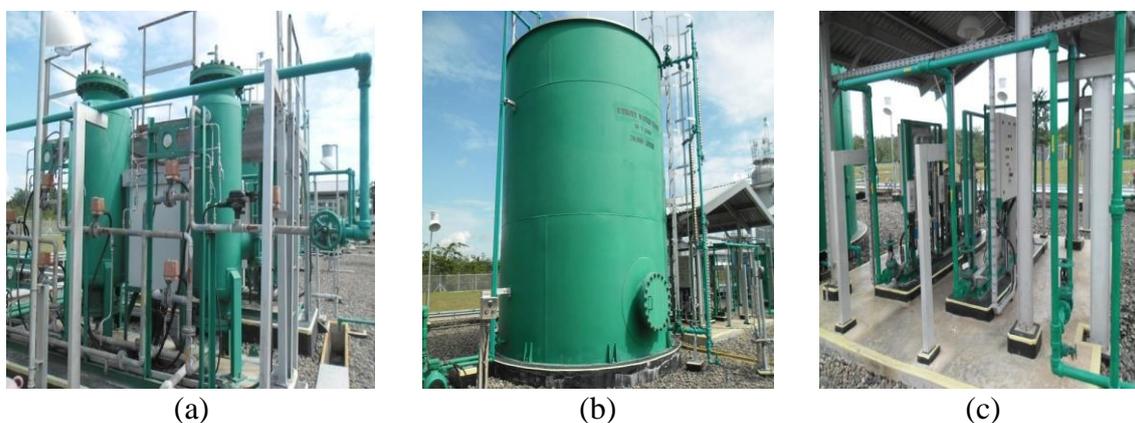
Sedangkan metode *tuning* yang digunakan adalah *Chien-Regulator 1* sebagai berikut [12]:

$$Kp = \frac{0,6T}{K.L} \tag{6}$$

$$Ti = 4L \tag{7}$$

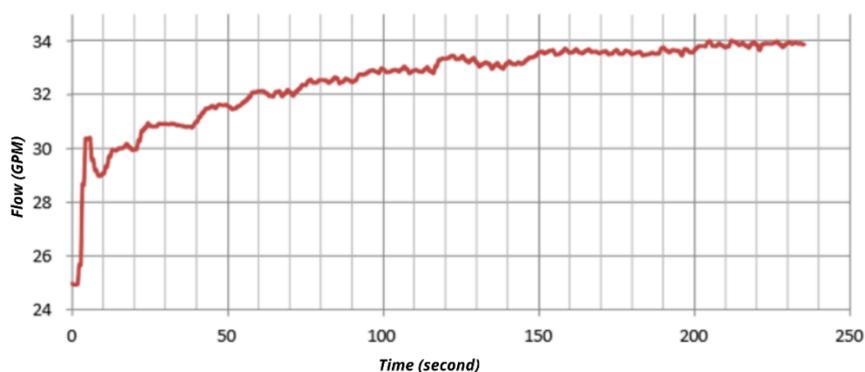
### 3. PEMBAHASAN

Stasiun kompresor PT. XYZ berfungsi untuk menaikkan tekanan gas minimal 900 PSIG agar gas dapat dialirkan menuju Jawa melalui pipa gas *South Sumatera West Java (SSWJ)*. *Utility water system* mengolah air dari *deep well* sehingga layak untuk dipergunakan sehari-hari. *Water treatment package (WTP)* menjadi fase pengolahan awal air dari *deep well*, dimana air dipompa melewati filter termasuk *multimedia filter* dan *carbon actived filter* dengan kapasitas 34 *gallons per minute (GPM)*. Air yang telah diolah ditampung pada tangki, lalu diproses pada *potable water treatment package (PWTP)* menggunakan sinar *ultraviolet (UV)* yang mampu membunuh kuman seperti pada Gambar 4.



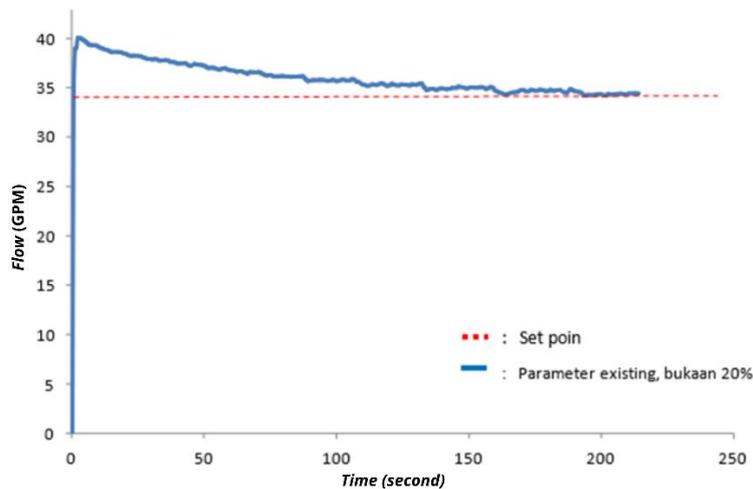
Gambar 4. Proses Pengolahan Air Deep Well (a) *Water Treatment Package (WTP)* (b) *Water Tank* (c) *Potable Water Treatment Package (PWTP)*

Gambar 5 berikut ini menunjukkan nilai yang didapat setelah melakukan percobaan secara langsung pada *plant* dengan mengubah *set point* dari 25 GPM menjadi 34 GPM. Terlihat bahwa waktu untuk sistem mencapai kondisi *steady* adalah 240 detik dan hasil kontrol tidak ada *overshoot* serta sistem mempunyai nilai eror *steady state* 0. Hal ini karena adanya kontribusi dari *integrator* (tipe kontrol adalah PI).



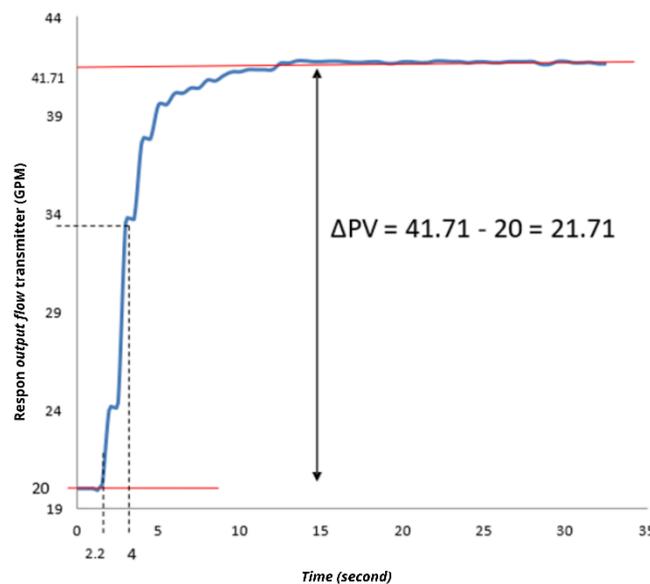
Gambar 5. Grafik Respon Sistem Kontrol *Existing* Terhadap Perubahan *Setpoint*

FIC aktif dari mode manual ke mode otomatis, nilai PV dari *flow* adalah naik terlebih dahulu hingga mencapai *overshoot* 40 GPM. Kenaikan nilai yang terlalu tinggi ini disebabkan karena kondisi bukaan awal valve adalah 20%, sedangkan bukaan yang dibutuhkan pada kondisi *steady state* dengan *set point* 34 GPM adalah sekitar 14 %-15 %. Lalu untuk waktu yang dibutuhkan agar PV mencapai kondisi *steady* adalah 240 detik. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6. Grafik Nilai *Flow* Dengan Bukaan Awal 20% dan Parameter PID *Existing***

Analisa respon ini dilakukan saat proses sudah mencapai kondisi *steady* pada nilai MV 7%. Selanjutnya ubah MV menjadi 20% dan amati perubahan nilai PV terhadap waktu. Selanjutnya dengan mengplot nilai perubahan PV terhadap waktu dapat diperoleh fungsi alih yang didapat dimulai dari *final control* element, proses, dan *flow transmitter*. Karena *input* yang dimasukkan adalah *input* berupa perubahan MV, dan keluaran atau *output* yang dicatat merupakan nilai *output* dari transmitter. Sehingga proses disini adalah proses secara *holistik* dengan langsung menganggap bahwa sistem tersebut adalah gabungan beberapa sistem yang menjadi satu. Gambar 7 menunjukkan hasil respon proses terhadap masukan sinyal *step* (sinyal tangga satuan).



**Gambar 7. Grafik Respon Hasil Pengujian**

Dengan melihat nilai pada grafik, maka diperoleh:

$$\Delta PV = 47.71 - 20 = 21.71 \tag{8}$$

$$\Delta MV = 20\% - 7\% = 13\% \tag{9}$$

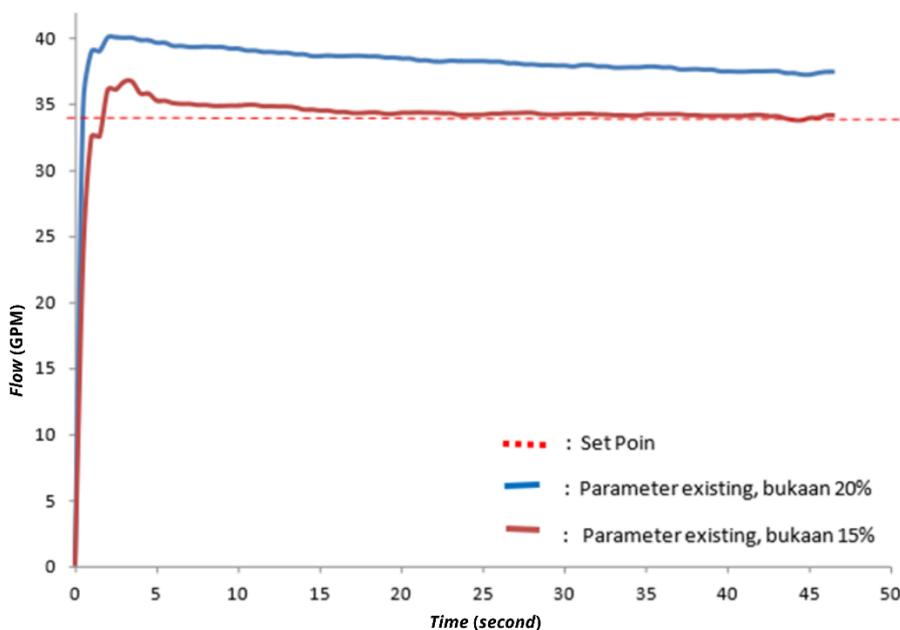
$$K = \frac{\Delta PV}{\Delta MV} = \frac{21.71}{13} = 1.67 \tag{10}$$

$$Lag = L = 2.2 \text{ second} \tag{11}$$

$$Time \ constant \ point = 0.632 * \Delta MV + 20 = 13.7202 + 20 = 33.72072 \tag{12}$$

$$Times \ constant \ (dari \ grafik) = \tau = 4 - 22 = 1.8 \text{ second} \tag{13}$$

Dengan mempertimbangkan bahwa bukaan saat *steady* adalah berkisar antara 14%-15%, maka dilakukan uji coba apabila bukaan awal dari *control valve* adalah 15%. Setelah dilakukan perubahan bukaan awal dan diujicobakan pada *plant*, terlihat adanya kinerja yang lebih baik, yaitu *overshoot* hanya 36,65 GPM dan waktu untuk mencapai *steady* pada *set point* hanya 42 detik. Gambar 8 menunjukkan perbandingan performa saat bukaan 20% dan 15% dan Tabel 1 sebagai hasil perbandingan.



Gambar 8. Grafik Nilai *Flow* Saat Bukaan Awal 15% dan 20%

Tabel 1. Hasil Percobaan Parameter *Existing*

No	Keadaan	<i>Overshoot</i>	Waktu hingga <i>steady</i>
1	Parameter <i>existing</i> , bukaan 20%	40 GPM	240 detik
2	Parameter <i>existing</i> , bukaan 15%	36,65 GPM	42 detik

Optimalisasi pada parameter kontroler adalah mencari nilai Kp dan Ti yang baru, sehingga didapatkan respon yang lebih baik. Pada percobaan ini, optimalisasi menggunakan *tuning* metode *Chien-Regulator 1*. Nilai Kp sebagai berikut:

$$Kp = \frac{0,6T}{K.L}$$

$$Kp = \frac{0,6 * 1,8}{01,67 * 2,2}$$

$$Kp = 0,2939 \tag{14}$$

Dan nilai Ti:

$$Ti = 4 L$$

$$Ti = 4 * 2,2$$

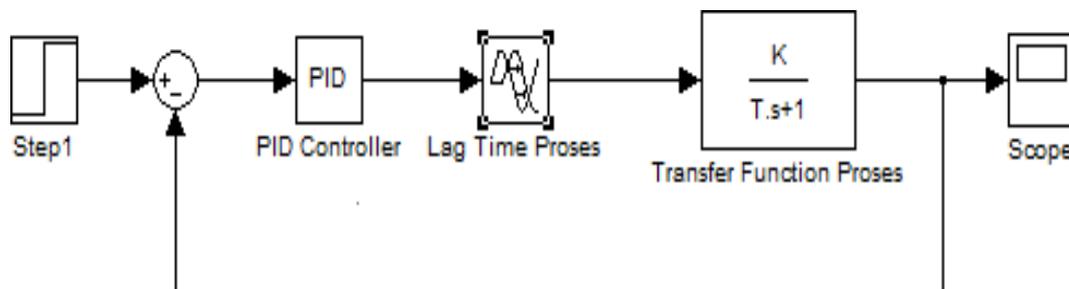
$$Ti = 8,8 \text{ second} \tag{15}$$

Simulasi pada dilakukan bertujuan membandingkan respon *transien* saat menggunakan parameter PID *existing* dan saat menggunakan parameter PID hasil *tuning* menggunakan metode *Chien-Regulator 1*. Dapat dilihat hasil perbandingannya melalui Tabel 2.

**Tabel 2. Perbandingan Parameter PID Hasil *Tuning* dan *Existing***

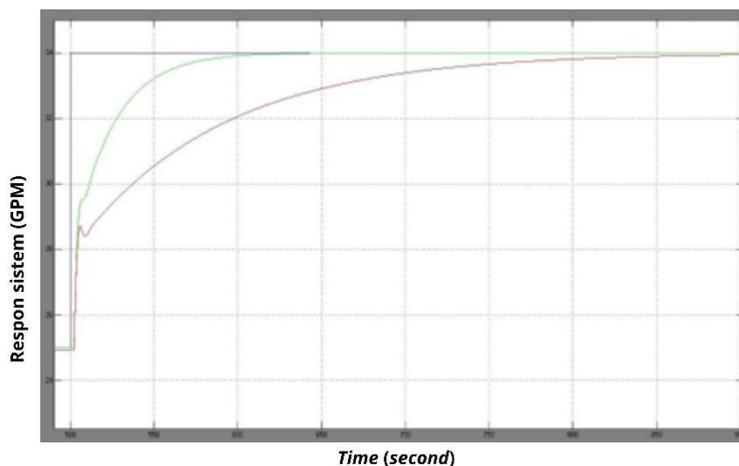
No	Parameter	<i>Existing</i>	Hasil <i>Tuning</i>
1	Kp	0.3	0.2939
2	Ti	30 detik (0.5 menit)	8.8 detik (0.14667 menit)

Fungsi alih proses dan parameter PID sudah diketahui, maka nilai-nilai tersebut tinggal dimasukkan ke dalam blok diagram pada MATLAB seperti pada Gambar 9.



**Gambar 9. Blok Diagram pada Simulink MATLAB**

Dengan memasukkan nilai-nilai parameter pada masing-masing blok sesuai diagram di atas, maka selanjutnya dapat dilihat respon dari sistem tersebut dengan mengklik ganda blok *scope*. Setelah diklik ganda, maka *scope* akan menunjukkan grafik respon dari sistem tersebut dalam *window* baru. Gambar 10 menunjukkan hasil respon sistem tersebut.



Keterangan : — = *input step* — = *respon existing* — = *respon hasil tuning*

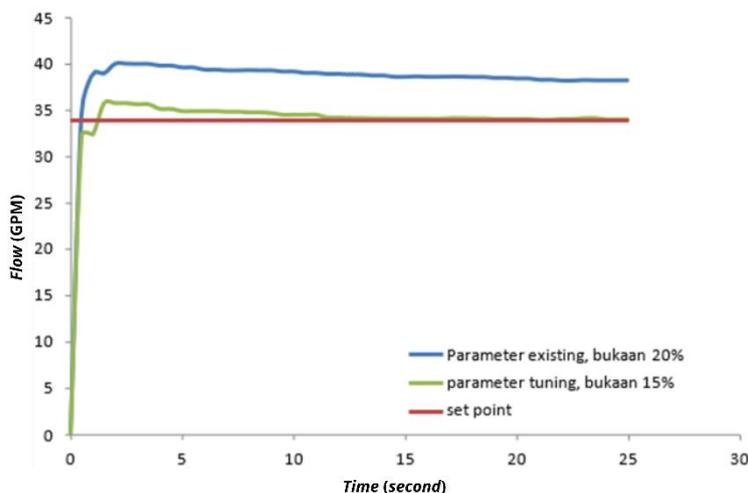
**Gambar 10. Grafik Perbandingan Respon Sistem Terhadap Perubahan Set Point Dalam Simulasi**

Dari grafik di atas, maka perbandingan kriteria responnya dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Perbandingan Respon**

No	Kriteria	Existing	Hasil Tuning
1	Overshoot	0	0
2	Settling time	300 detik	100 detik

Setelah mendapatkan nilai parameter kontroler yang baru dan mendapatkan bukaan awal yang lebih optimal, maka hasil optimalisasi diujicobakan ke *plant* yang sesungguhnya. Dengan memasukkan parameter PID yang baru dan melihat respon nilai PV pada kondisi operasi, didapatkan hasil yang memang lebih bagus. Gambar 4.23 memperlihatkan perbandingan antara kondisi *existing* dengan kondisi setelah dilakukan optimalisasi pada parameter dan bukaan awal seperti pada Gambar 11.



**Gambar 11. Grafik Flow Saat Kondisi Existing dan Kondisi Modifikasi (Parameter Tuning, Ukuran 15%)**

Terlihat bahwa dengan bukaan awal 15% dan parameter kontroler diganti dengan parameter yang baru, *overshoot* yang terjadi hanya 35,78 GPM dan waktu sampai kondisi *steady* pun lebih cepat yaitu hanya 25 detik. Dengan membandingkan hasil percobaan ini dan percobaan-percobaan sebelumnya, maka dapat diketahui kondisi yang optimal untuk kontroler. Tabel 4 menunjukkan perbandingan hasil dari percobaan-percobaan yang telah dilakukan.

**Tabel 4. Perbandingan Respon Hasil Percobaan**

No	Kondisi	Overshoot	Waktu sampai <i>steady state</i>
1	Paramater <i>existing</i> & bukaan awal 20%	40 GPM	240 detik
2	Parameter <i>existing</i> & bukaan awal 15%	36,65 GPM	42 detik
3	Parameter <i>tuning</i> & bukaan awal 15%	35,78 GPM	25 detik

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan evaluasi hingga optimaslisasi untuk sistem *feedback control flow* pada *water treatment package* (WTP) dapat disimpulkan bahwa *water treatment package* merupakan bagian dari *water sistem utility* di stasiun kompresor PT XYZ. *Water treatment package* berfungsi untuk mengolah *raw water* yang berasal dari *deep well*. Pengolahan dilakukan dengan menggunakan *multimedia filter* dan *active carbon filter*. Pada *inlet* WTP dipasang sistem kontrol *flow* karena mempunyai kapasitas kerja. *Tuning* yang digunakan berupa metode *Chien* yang membutuhkan data *gain* proses (K), *lag* proses (L), dan *time* konstan (T). Nilai-nilai diperoleh dari hasil analisa respon (*first order plus dead time*) pada proses dan grafik responnya. Parameter hasil *tuning* menggunakan metode *Chien* memberikan hasil yang lebih baik untuk sistem kontrol *flow* di WTP. Adapun penggantian parameter  $K_p$  dan  $T_i$  menjadi lebih kecil. Selain itu, optimalisasi juga dilakukan dengan mengubah bukaan awal dari *control valve*. Dengan melakukan perubahan ini, maka *overshoot* saat FIC on berkurang, sedangkan waktu untuk mencapai *steady state* menjadi lebih singkat.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Megido and E. Ariyanto, "SISTEM KONTROL SUHU AIR MENGGUNAKAN PENGENDALI PID. DAN VOLUME AIR PADA TANGKI PEMANAS AIR BERBASIS ARDUINO UNO," 2015.
- [2] U. A. Pringsewu, A. Dwi Novita, and Y. Saragih, "Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering SISTEM KONTROL LEVEL TRANSMITTER PADA TANGKI FA-410 DI PT. SINTAS KURAMA PERDANA", [Online]. Available: <http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>
- [3] A. Nurfaizi and I. Sulistiyowati, "Sistem Monitoring Instrumen Air Sistem Berbasis Internet of Things di PT.Parna Raya," 2022.
- [4] A. Nurfaizi and I. Sulistiyowati, "Sistem Monitoring Instrumen Air Sistem Berbasis Internet of Things di PT.Parna Raya," 2022.
- [5] Y. K. Park, J.-S. An, J. Park, and H. J. Oh, "Development of Mobile Water Treatment Package System for Emergency Water Supply," *International Journal of Structural and Civil Engineering Research*, 2015, doi: 10.18178/ijscer.4.3.296-300.
- [6] O. Kopytenkova, P. Ganichev, and E. Zaritskaya, "Hygienic safety characteristics of bottled water, used for potable water supply," *Vestnik of Saint Petersburg University. Medicine*, vol. 15, no. 3, pp. 214–220, 2020, doi: 10.21638/spbu11.2020.307.

- [7] Y. A. Wuarlela and S. Handaja, "Sistem Pengendalian Level Pada Production Separator 02-V-001 Di Field Facility Citic Seram Energi Limited," 2023. [Online]. Available: <https://akamigas.esdm.go.id/jurnal/index.php/jih>
- [8] A. Karadeit and A. Dewi, "Analisa response transient cascade control temperature dan pressure pada furnace PT. Z menggunakan metode direct synthesis," *JURNAL ELTEK*, vol. 21, no. 2, pp. 92–100, Oct. 2023, doi: 10.33795/eltek.v21i2.4508.
- [9] R. Arindya, "PENALAAAN KENDALI PID UNTUK PENGENDALI PROSES," *Seminar Nasional Cendekiawan*, 2015.
- [10] E. Candra Wijaya and I. Setiawan, "Auto Tuning PID Berbasis Metode Osilasi Ziegler-Nichols Menggunakan Mikrokontroler AT89S52 pada Pengendalian Suhu."
- [11] A. Yasmin and A. Surya Wardana, "PERBANDINGAN TUNING MENGGUNAKAN METODE ZIEGLER NICHOLS DAN CHIEN REGULATOR 2 PADA PRODUCTION SEPARATOR," 2022.
- [12] A. Andang, E. Paryono, F. M. Nursuwars, J. T. Elektro, and F. T. Unsil, "Komparasi Metode PI pada pengaturan Tegangan Konverter Buck untuk Kendali Kecepatan Motor BLDC."

#### Daftar Simbol

<i>MV</i>	=	<i>manipulated variable</i>
<i>PB</i>	=	<i>proportional band</i>
<i>Kp</i>	=	<i>proportional gain</i>
<i>e</i>	=	<i>error</i>
<i>t</i>	=	<i>time</i>
<i>Ti</i>	=	<i>integral time</i>
<i>Td</i>	=	<i>derivative time</i>
<i>dt</i>	=	<i>delta time</i>
<i>Gc</i>	=	<i>Gain Controller</i>
<i>s</i>	=	<i>laplace variable</i>
<i>K</i>	=	<i>gain process</i>
<i>L</i>	=	<i>lag process</i>
$\tau$	=	<i>time constant</i>
$\Delta PV$	=	<i>delta process variable</i>
$\Delta MV$	=	<i>delta manipulated variable</i>